

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-219539

(43)Date of publication of application : 19.08.1997

(51)Int.Cl.

H01L 33/00

H01S 3/18

(21)Application number : 08-022196

(71)Applicant : NICHIA CHEM IND LTD

(22)Date of filing : 08.02.1996

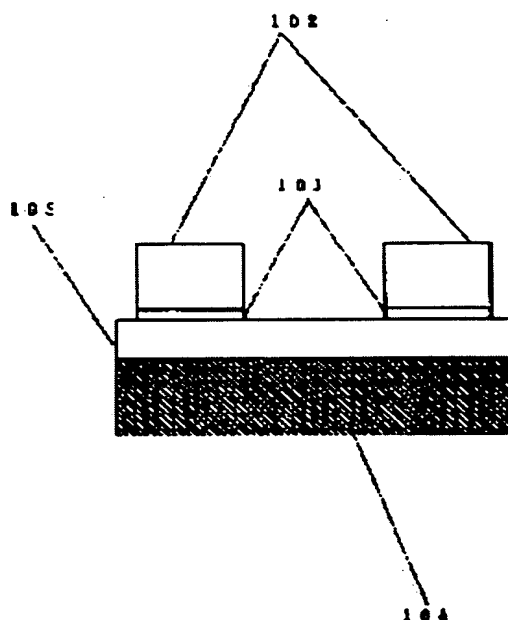
(72)Inventor : TOYODA TATSUNORI  
MARUOKA YOSHIKI

## (54) NITRIDE SEMICONDUCTOR DEVICE AND MANUFACTURE THEREOF

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To realize a nitride semiconductor device which is capable of being stably driven even under severe environmental conditions by a method wherein a W-containing first layer and an Al-containing second layer are successively provided onto an N conductivity-type nitride semiconductor for the formation of an electrode.

**SOLUTION:** An N conductivity-type nitride semiconductor layer 103 is formed on a substrate 104, and a pair of N-type electrodes is provided onto the nitride semiconductor layer 103. Each N-type electrode is composed of a first layer 101 and a second layer 102 formed on the first layer 102. The first layer 101 is formed of W or alloy which contains W, wherein the alloy is composed of W and at least an element selected out of Al and Si. The second layer 102 is formed of Al, or alloy which contains Al, wherein the alloy is composed of Al and at least an element selected from W, Cu, and Si. The layers 101 and 102 are formed through sputtering or evaporation.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

28.08.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3060931

[Date of registration]

28.04.2000

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

Best Available Copy

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-219539

(43) 公開日 平成9年(1997)8月19日

(51) Int.Cl. <sup>8</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 33/00			H 0 1 L 33/00	C
H 0 1 S 3/18			H 0 1 S 3/18	E

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平8-22196

(22) 出願日 平成8年(1996)2月8日

(71) 出願人 000226057

日亜化学工業株式会社  
徳島県阿南市上中町岡491番地100

(72) 発明者 豊田 達憲

徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化学工業株式会社内

(72) 発明者 丸岡 義明

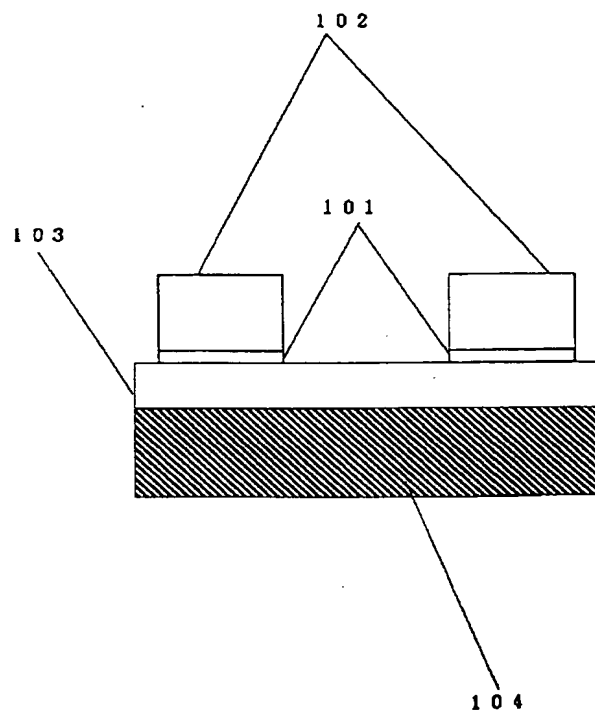
徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化学工業株式会社内

(54) 【発明の名称】 窒化物半導体素子及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】本願発明の課題は、使用環境の厳しい条件下においても半導体素子として良好なオーミック接触を形成するとともに電極などの機械的強度を向上させ安定駆動させる窒化物半導体素子を提供することにある。

【解決手段】本願発明は、N型導電性を有する窒化物半導体上に電極が設けられた窒化物半導体素子であって、前記電極がWを有する第1の層と該第1の層上に設けられたA1を有する第2の層の窒化物半導体素子である。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】N型導電性を有する窒化物半導体上に電極が設けられた窒化物半導体素子であって、前記電極がWを有する第1の層と該第1の層上に設けられたAlを有する第2の層であることを特徴とする窒化物半導体素子。

【請求項2】前記第2の層上にW、Cr、Ni、Mo、Tiから選択される1種の金属を有する第3の層を設けた請求項1記載の窒化物半導体素子。

【請求項3】前記電極の電氣的接続部材と接続される表面がAu、Ptから選択される1種である請求項1記載の窒化物半導体素子。

【請求項4】前記N型導電性を有する窒化物半導体がSi及び/又はGeを含有する請求項1記載の窒化物半導体素子。

【請求項5】基体上にN型導電性を有する窒化物半導体を形成する工程と、該窒化物半導体上に電極を構成する材料としてWを有する第1の層を形成する工程と、該第1の層上に電極を構成する材料としてAlを有する第2の層を形成する工程と、該電極が形成された窒化物半導体を350℃以下でアニールする工程と、を有することを特徴とする窒化物半導体素子の製造方法。

【請求項6】前記アニールの温度が80℃以上280℃以下である請求項5に記載の窒化物半導体素子の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ディスプレイ、光通信、O. A機器及びF. A機器の光源等に利用される紫外域光から赤色光が発光可能な発光ダイオード及びレーザーダイオードに用いることができる発光素子や、フォトダイオード、太陽電池などの受光素子などに使用される窒化物半導体（一般式 $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ 、但し、 $0 \leq x \leq y$ 、 $x+y \leq 1$ ）に関するものであり、特にN型導電性を有する窒化物半導体と良好なオーミック接触をする電極を有する窒化物半導体素子及びその製造方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】今日、フルカラーディスプレイ等の表示素子や種々の光源として広範囲に利用される高輝度発光ダイオード、コンパクトディスク（CD）やデジタルビデオディスク（DVD）の記録密度を向上させる短波長レーザーダイオードに関する社会の要望が強い。これら紫外域光から可視領域において発光可能な発光ダイオード（以下、LEDと呼ぶ）や短波長のレーザー光を発光する半導体レーザー（以下、LDと呼ぶ）の半導体材料としては、ZnSe、ZnSやSiCなどの化合物半導体が挙げられる。しかしながら、上記化合物半導体では未だ高効率に安定性良く発光できていない。

【0003】一方、バンドギャップが1.9～6.0e

Vであるため紫外から赤色領域の発光デバイス、受光デバイスなどとして窒化物半導体を用いたLEDやLDが開発されにわかに高出力、高効率で発光及び受光可能な半導体材料として窒化物半導体が注目を集めている。この様な、窒化物半導体素子としては例えば特開平7-45867号等が挙げられる。窒化物半導体を利用した半導体素子の具体的一例を図6に示す。サファイヤ基板の上にN型GaNよりなるN型コンタクト層と、N型 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ よりなるN型クラッド層と $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ よりなる活性層と、P型 $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{N}$ よりなるP型クラッド層と、P型GaNよりなるP型コンタクト層が積層された構造を有しており、P型コンタクト層のほぼ全面にはNiとAuを含む正電極が形成されており、エッチングにより露出されたN型コンタクト層にはTiを第1層にAlを第2層に形成し400℃から1200℃の範囲でアニーリング処理を行った負電極が形成されている。この半導体素子の正電極と負電極はワイヤーボンディングにより外部リード線と接続され電源を印加することによりLEDとして動作する。

【0004】この様なLEDを含めて窒化物半導体素子は順方向電圧を下げるため、半導体層と各電極との間に好ましいオーミック接触を得る必要がある。上述の構造のLEDにおいてもP型窒化物半導体と、正電極（以下、「P型電極」という。）とで良好なオーミック接触を得ている。同様にN型窒化物半導体と接する負電極（以下、「N型電極」という。）とで良好なオーミック接触を得ている。

【0005】しかしながら、N型窒化物半導体の物性については十分解明されておらず、より電気特性などが優れ使用環境が厳しい条件下においても作動する半導体装置を再現性良く形成することは難しかった。特に、N型窒化物半導体層と良好なオーミック接触を得ること及びN型電極と外部電源とを接続させるボンディングワイヤーの溶融時にできる半球形部材（以下、「ボール」という。）やN型窒化物半導体との良好な接着力を有するN型電極に関しては未だ十分満足できるものではない。電極の接着力が不十分であると屋外などの温度差の激しい過酷な環境下ではボールとN型電極、N型電極と窒化物半導体層とが剥がれ $V_f$ の増大や、発熱などの問題を起こし所望の特性を示さない。ひどい場合は半導体素子として機能しなくなる場合がある。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】したがって、本願発明は上記課題に鑑みより使用環境の厳しい条件下においても半導体素子として良好なオーミック接触を形成し安定駆動させる窒化物半導体素子及びその製造方法を提供することにある。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】本願発明は、N型導電性を有する窒化物半導体上にN型電極が設けられた窒化物

半導体素子であって、前記N型電極がWを有する第1の層と、該第1の層上に設けられたAlを有する第2の層である窒化物半導体素子である。また、前記第2の層上にW、Cr、Ni、Mo、Tiから選択される少なくとも1種を有する第3の層を設けた窒化物半導体素子である。さらに、電極の電氣的接続部材と接続される表面がAu、Ptから選択される1種である窒化物半導体素子である。前記N型導電性を有する窒化物半導体がSi及び/又はGeを含有する窒化物半導体素子である。さらにまた、基体上にN型導電性を有する窒化物半導体を形成する工程と、該窒化物半導体上にN型電極を構成する材料としてWを有する第1の層を形成する工程と、該第1の層上にN型電極を構成する電極材料としてAlを有する第2の層を形成する工程と、該N型電極が形成されたN型窒化物半導体を350℃以下でアニールする工程と、を有することを特徴とする窒化物半導体の製造方法である。さらに、アニールの温度が80℃以上280℃以下である窒化物半導体の製造方法である。

【0008】

【効果】本願発明の請求項1の構成とすることにより良好なオーミック接触をしつつ密着力の向上したN型電極を有する窒化物半導体素子とすることができる。本願発明の請求項2の構成とすることによりさらに良好なオーミック接触をしつつ密着力の向上したN型電極を有する窒化物半導体素子とすることができる。本願発明の請求項3の構成とすることによりN型電極の酸化を抑制しさらに良好なオーミック接触をしつつ密着力の向上したN型電極を有する窒化物半導体素子とすることができる。本願発明の請求項4の構成とすることによって、オーミック特性に優れ且つ、より密着力の向上させた窒化物半導体素子とすることができる。本願発明の請求項5の方法とすることにより良好なオーミック接触をしつつ密着力の向上したN型電極を有する窒化物半導体素子を製造することができる。本願発明の請求項6の方法とすることによりさらに良好なオーミック接触をしつつ密着力の向上したN型電極を有する窒化物半導体素子を製造することができる。

【0009】

【発明の実施の形態】本願発明者らは数々の実験の結果、窒化物半導体の素子特性及び電極の密着性が形成される電極材料及びアニール処理条件によって大きく特性が変化することを見だし、これに基づいて発明するに至った。

【0010】本願発明の構成による特性向上の理由は定かではないが、電極材料の酸化やアニール工程時に形成された電極材料の合金化による特性変化を防止したことに大きな関係があると考えられる。即ち、従来はN型電極とN型窒化物半導体とを良好にオーミック接触させるためには比較的高温においてアニーリング処理(400～1200℃)を行う必要があった。しかしながら、この

様な比較的高温によるアニール工程終了後はアニールチャンバー内で十分冷却する必要がある作業効率率が下がる場合がある。一方、アニール行程終了後の冷却が不十分なまま外気などにさらすと電極が酸化されて絶縁薄膜を形成し素子特性に悪影響を及ぼす可能性があった。即ち、この様な絶縁薄膜は特に印加電圧が低い状態ではオーミック性を示さず、形成された絶縁薄膜が絶縁破壊を起こす電圧まで増大させた後初めてオーミック性を示す。したがって、半導体の駆動に不安定要素を残すことになりひどい場合は素子を破壊する場合がある。また、N型電極を構成する材料間の合金化により所望のオーミック特性を有さないという問題も生じる。オーミック性を向上させるためのアニール工程が逆にN型電極を構成する元素や半導体材料が相互に拡散すると共に合金化が起こり表面状態の悪いN型電極が形成されることが考えられる。表面状態の悪いN型電極は、窒化物半導体素子と外部電極との電気特性の劣化が生じるばかりでなく接触強度が低下し電氣的接触が良好な窒化物半導体素子とすることができない。

【0011】本発明のN型電極と電極上に形成されたボールとの接着強度を調べるための試験を行った。図5はその試験方法を示す電極の断面図であり試験方法は以下の通りである。まず、エッチングされたSiドープのN型窒化物半導体607の上にN型窒化物半導体用のN型電極を120 $\mu$ m $\phi$ の大きさに100個ずつ形成し300℃でアニーリングを行った。その後、60℃80%RH1時間、20℃1時間の温湿度サイクル試験を行った。それぞれのN型電極の上に金線をワイヤーボンディングして100 $\mu$ m $\phi$ のボール602を形成することによってN型電極と金線と、を電氣的に接続させた。その後、図6に示すようにボールの真横から刃物601により水平に引き掻きボール602がN型電極から剥がれるかまたは剥がれずにボールがつぶれるまで、刃物601に荷重をかけることにより評価した。結果を表1に示す。(但し、各N型電極における金属膜の膜厚は同一である。)表1において各加重における数値は、100個の内の電極からボールが剥がれた個数を示しており、ボールが剥がれずにつぶれてしまったものは「つぶれ」と記載している。表1に示すようにTi/Al(積層構造)のみのN型電極は30gまでの荷重で全てのボールが剥離してしまったのに対し本願発明のN型電極は30gまでの荷重では全く剥離がなく極めて強い接着力を有することが分かった。

【0012】以下、図を用いて本願発明を詳細に説明する。図1は、本願発明の窒化物半導体素子の概略断面図であり、基板上104にN型導電性を有する窒化物半導体103と、窒化物半導体103上に一對のN型電極が形成されている。以下各々の構成部品について説明する。

【0013】(N型電極401)本願発明のN型導電性

を有する窒化物半導体用の電極であるN型電極401は、タングステンやアルミニウムの金属及びそれらの合金材料を蒸着材料やスパッタ材料として用いそれぞれ所望の場所に蒸着方法やスパッタリング方法などの種々の方法によって形成させることができる。N型電極として積層構造とするためには第1の層101、301をWにし、第2の層102、302をAlとすることによってN型窒化物半導体と良好なオーミック接触を得ることができる。第1の層のW、第2の層のAlは合金で形成させてもよい。具体的な合金材料として第1の層にはAl、Siから選択される少なくとも1種の材料を用い、第2の層に用いられる合金材料としては、W、Cu、Siから選択される少なくとも1種の材料があげられる。また、電極構造をさらに多層構造とすることもできる。具体的には第2の層の上に第2の層の金属材料とさらにその上に積層された層との合金化を防止するため第2の層よりも高融点材料を第3の層303として積層する。さらに、第3の層上に電気的接続部材との電気接続が良好な金属をさらに第4の層304として積層する。具体的な第3の層303としてはW、Cr、Ni、Mo、Tiやそれらの合金などがあげられる。第4の層304としてはAu、Pt及びそれらの合金があげられる。なお、所望に応じてさらに複数の金属多層膜としてもよいが、電気的接続部材と接続する表面は第4の層とすることが好ましい。またさらに、本願発明のN型電極は、Siまたは/及びGeがN型ドーパントとして $2 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ から $1 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ に含有されたN型窒化物半導体とのオーミック接触及び密着力が特によい。理由は定かではないが、第1の層とN型窒化物半導体に含有されたSi及び/又はGeとのなんらかの相関関係が働いていると考えられる。

【0014】本願発明の窒化物半導体素子はアニールを行わなくとも十分なオーミック接触を形成することができるが、より安定で機械的強度の高い半導体素子とするためにはアニールを行っても良い。その場合アニール温度はアニール効果を生じさせると共に、形成されたN型電極と電気的接続部材やN型窒化物半導体との密着性などに悪影響が生じないように350℃以下であることが好ましい。より好ましくは80℃以上280℃以下であり、さらに好ましくは100℃以上220℃以下である。また、アニールはAr、He、N<sub>2</sub>などの不活性ガス中において熱処理することが好ましい。

【0015】(窒化物半導体103、305)本願発明に用いられる窒化物半導体101は、液相成長法、VPE法(Vapor Phase Epitaxy)、MOVPE法(Metal Organic Vapor Phase Epitaxy)やMOCVD法(Metal Organic Chemical Vapor Deposition)などにより形成される。半導体素子の構造としては、MIS接合やPN接合を有した

ホモ構造、ヘテロ構造あるいはダブルヘテロ構成、さらにはショットキー接合など所望に応じて種々のものが挙げられる。半導体の材料やその混晶度によって発光波長及び受光波長を紫外光から赤色領域まで種々選択することができる。特に本願発明のN型電極を用いた場合、窒化物半導体素子に過度の電圧印加をかけずにオーミック接触を得ることができるため半導体が極めて薄い半導体素子において特に有効となる。具体的には、半導体活性層を構成する一層が100オングストローム以下の量子効果を有する構造の窒化物半導体素子において特に有用となる。

【0016】窒化ガリウム系化合物半導体は、高温高压下において単結晶体として形成することができるため基体を省略することもできるが量産性の観点から基板上に形成させることが好ましい。窒化物半導体を形成させる基板としては、Si、Ge、SiCなどの単結晶半導体基板、GaAs、InAs、InP、GaSb、AlN、GaNなどのIII-V族化合物半導体基板、AlN、サファイヤ(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)、スピネル(MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>)、石英(SiO<sub>2</sub>)、Ti<sub>2</sub>O、MgO、MgF<sub>2</sub>、CaF<sub>2</sub>、SrTiO<sub>3</sub>、ZnO等の材料を用いた基板が挙げられる。基板の厚さは形成する半導体装置や基板材料により種々選択することができるが、基板を通して発光または受光させる場合、光の透過率やチップとしての形成のしやすさから薄ければ薄い方が好ましい。一方、素子を形成するプロセス時や取り扱い時においては基板の機械的強度が必要となる。したがって、好ましい基板の厚さとしては、0.01~3.0mmである。より好ましくは0.05~2.0mmが好ましい。なお結晶性の良い窒化物半導体を形成させるためにはサファイヤ基板を用いることが好ましい。このサファイヤ基板上に格子不整合緩和のためにGaN、AlN等のバッファ層を形成しその上にPN接合などを有する窒化物半導体を形成させることにより発光素子や受光素子を構成させ得る。

【0017】窒化物半導体は、不純物をドーブしない状態でN型導電性を示すが、N型ドーパントとしてSi、Ge、Se、Te、C、Sn等を適宜導入することが好ましい。また、N型ドーパントと微量のP型ドーパントとをドーピングしたダブルドーピングすることもできる。これらのドーパントの種類とドーピング量を変えることによってキャリア密度を制御し電気抵抗を下げるができる。この場合、キャリア密度は $\sim 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以上が好ましく、より好ましくは $\sim 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以上である。一方、P型窒化物半導体を形成させる場合は、P型ドーパントであるZn、Mg、Be、Ca、Sr、Ba等をドーブさせる。窒化ガリウム半導体は、P型ドーパントをドーブしただけではP型化しにくいいためP型ドーパント導入後に、低速電子線照射させたり、プラズマ照射等によりアニールさせることでP型化させてもよい。

【0018】次に、基板上の半導体が形成された半導体ウエハー等をダイヤモンド製の刃先を有するブレードが回転するダイシングソーにより直接フルカットするか、または刃先幅よりも広い幅の溝を切り込んだ後（ハーフカット）、外力によって半導体ウエハーを割る。あるいは、先端のダイヤモンド針が往復直線運動するスクライバーにより半導体ウエハーに極めて細いスクライブライン（経線）を例えば基盤目状に引いた後、外力によってウエハーを割り半導体ウエハーからチップ状にカットすることによって所望の半導体チップを形成させることができる。

【0019】発光観測面側に異極の電極を形成するためには各半導体を所望の形状にエッチングしてあることが好ましい。エッチングとしては、ドライエッチングや、ウェットエッチングがある。ドライエッチングとしては例えば反応性イオンエッチング、イオンミリング、集束ビームエッチング、ECRエッチング等が挙げられる。又、ウェットエッチングとしては、硝酸と燐酸の混酸を用いることができる。ただし、エッチングを行う前に所望の形状に窒化珪素や二酸化珪素等の材料を用いてマスクを形成することは言うまでもない。なお、このようなエッチング面においても本願発明の電極は十分な密着性と電気特性を示す。

【0020】（P型電極404）P型導電性を有する窒化物半導体の電極であるP型電極404は、接触させるP型窒化物半導体層とオーミック接触させる必要がある。また、P型電極を介して発光素子として発光させる場合は、金属薄膜等で形成させた透光性（なお、ここで透光性とは発光素子の発光する光の波長に対して電極を通過すれば良い。）の電極とする必要がある。

【0021】これらの条件を満たす材料として、例えばAu、Ni、Pt、Al、Cr、Mo、W、In、Ga、Tl、Ag、Rh等の金属及びそれらの合金が挙げられる。また、透光性を有する電極材料としてITO、 $\text{SnO}_2$ 、 $\text{NiO}_2$ 等の金属酸化物もあげられる。さらには、これらの上に前記金属薄膜を積層することも可能である。金属等を透光性とするためには蒸着方法、スパッタ方法等を用いて極めて薄く形成させれば良い。また、金属を蒸着あるいはスパッタ方法等によって形成させた後、アニーリングして金属をP型導電性を有する半導体層中に拡散させると共に外部に飛散させて所望の膜厚（透光性となる電極の膜厚）に調整させた電極を形成させることもできる。透光性となる金属電極の膜厚は、所望する発光波長や金属の種類によっても異なるが、好ましくは、 $0.001 \sim 0.1 \mu\text{m}$ であり、より好ましくは、 $0.05 \sim 0.2 \mu\text{m}$ である。更に、電極を透光性とした場合、P型電極の形状としては、線状、平面状等目的に応じて形成させることができる。P型導電性を有する半導体層全体に形成された平面状電極は、電流を全面に広げ全面発光とすることができる。

【0022】さらにまた、P型電極を極めて薄く形成させた場合、電極上に直接ワイヤーボンディングすると、ボールが接続しにくくなる傾向があるため密着性向上のためにP型電極とは別にボンディング用の台座電極を形成させたり、P型電極を多層構成とすることが好ましい。台座電極の材質としては、Au、Pt、Al等を使用することができる。台座電極の膜厚としてはミクロンオーダーとすることが好ましい。又、P型電極の少なくとも一部を多層構成とする場合、窒化物半導体と接触させる接触電極にはCr、Mo、W、Ni、Al、In、Ga、Tl、Agから選択される金属あるいは、これらの合金が好適に用いられボンディングと接触するボンディング電極としてはAl、Au等の金属あるいはこれらの合金が好適に用いられる。なお、半導体素子通電時、P型電極中にボンディング用電極材料がマイグレーションする必要があるためボンディング用電極Au単体あるいはAl及びCr含有量が少ないAu合金とすることが特に好ましい。なお、P型窒化物半導体の場合は、P型電極材料と半導体材料をなじませオーミック特性を向上させ、さらには窒化物半導体形成時に含有される水素を抜くために $400^\circ\text{C}$ 以上でアニールすることが好ましい。また、窒化ガリウム半導体の分解を抑制する目的から $1100^\circ\text{C}$ 以下でアニールすることが好ましい。さらに、アニーリングを窒素雰囲気中で行うことにより、窒化ガリウム系化合物半導体中の窒素が分解して出て行くのを抑制することができ、結晶性を保つことができる。本願発明においてP型電極のアニーリング温度がN型電極のアニーリング温度が高い場合は、P型電極形成後にN型電極を形成させることが好ましい。

【0023】（電氣的接続部材410）電氣的接続部材410としては、窒化物半導体103、305と外部電源との電氣的接続を行うためのものであり、各電極とのオーミック性、機械的接続性、電気伝導性及び熱伝導性がよいものが求められる。特に窒化物半導体を発光素子として利用する場合、半導体自体が発熱するため半導体素子特性を維持するためには熱伝導度として $0.01 \text{ cal/cm} \cdot ^\circ\text{C}$ 以上が好ましく、より好ましくは $0.5 \text{ cal/cm} \cdot ^\circ\text{C}$ 以上である。具体的には、金、銅、白金、アルミニウム等及びそれらの合金を用いたボンディングワイヤーが挙げられる。また、銀、カーボン等のフィラーを樹脂で充填した導電性接着剤等を用いることもできるが、N型電極との密着性を考慮して白金、アルミニウム線あるいは金線が好ましい。なお、ワイヤーボンディングなどで各電極に電氣的接続部材を接続させると溶融などにより半球状にボール403が形成される。以下、本願発明の実施例について説明するが、本願発明は具体的実施例のみに限定されるものではないことは言うまでもない。

【0024】〔実施例1〕受光素子を形成するためにHCl/HNO<sub>3</sub>で表面を洗浄した2インチφのサファイ

や基板上に $\text{NH}_3$ ガスとTMGガスを原料ガスとしMOCVD法を用いてGa<sub>0.5</sub>N層を3000オングストローム成長させた。次に、イオンインプランテーションを用いてSiを $4\text{KeV}/\text{cm}^3$ でSiイオンを打ち込みSiがドーパされたN型導電性を有するGa<sub>0.5</sub>Nを形成させた。この窒化ガリウム半導体上にスパッタリングにより第1の層にWを200オングストローム、第2の層にAlを2000オングストロームとしスパッタリングにより積層した。その後、所望の形状のマスクを形成しドライエッチングにより図1のごとく一対の電極を構成した。ウエハーをスクライバーにより1500個のチップ状に分離した後、リードフレーム上にダイボンディングし半導体チップ上のN型電極をワイヤーボンディングにより金線で電気的に接続させた。

【0025】本願発明によるN型電極が形成された窒化物半導体任意に取り出し10個ずつを80℃、150℃及び300℃の温度でそれぞれ1分間アニーリング処理して得られたもの及びアニーリング無しのもの平均暗電流電圧特性を図2にそれぞれ示す。また、この窒化ガリウム半導体素子より100個を無造作に抽出し、4Vの電圧を印加し常温12時間と、60℃、80%RHの高温高湿槽12時間との連続繰り返し試験を50回行ったところ、N電極のボールの剥がれが確認されたものはなかった。

【0026】【比較例1】N型窒化ガリウム半導体素子上にN型電極として第1層の電極材料をTi、第2層の電極材料をAlとした以外は実施例1と同様にして窒化物半導体素子を形成させた。N型電極に形成された半導体素子を80℃、150℃、300℃の温度で1分間アニール処理して得られた暗電流電圧特性を図7にそれぞれ示す。(なお、電流電圧特性の測定レンジは実施例1と同様にしてある。)また、この窒化ガリウム半導体素子より100個を無造作に抽出し、4Vの電圧を印加し常温12時間と、60℃、80%RHの高温高湿槽12時間との連続繰り返し試験を50回行ったところ、窒化ガリウム半導体素子の10%にN電極のボールの剥がれが確認された。

【0027】【実施例2】MOCVD法を用いサファイヤ基板上に $\text{NH}_3$ ガスとTMGガスをを用いてGa<sub>0.5</sub>Nバッファ層を150オングストローム成長させた。さらに、MOCVD法を用いてバッファ層上に $\text{NH}_3$ ガスとTMGガス及び $\text{SiH}_4/\text{H}_2$ ガスをを用いてN型Ga<sub>0.5</sub>N層を5000オングストローム成長させた。この上にレジスト膜をネガとして形成した後、第1の層としてW(13)を200オングストローム、第2の層にAl(14)2000オングストローム、第3の層にW(13)を2000オングストローム、第4の層にAu(15)3000オングストロームをターゲットを変えてスパッタリングによりそれぞれ積層した。不要なレジスト膜を除去させN型電極を形成させた。N型電極上にワイヤーボンデ

ィングによりアルミニウム線を電気的に接続させて図3に記載した窒化物半導体素子を形成させた。実施例1と同様アニーリングを行わなくともN型窒化ガリウム系化合物半導体と良好なオーミック接触が得られる。また、この窒化ガリウム半導体素子より100個を無造作に抽出し、4Vの電圧を印加し常温12時間と、60℃、80%RHの高温高湿槽12時間との連続繰り返し試験を50回行ったところ、N電極のボールの剥がれが確認されたものはなかった。

【0028】【実施例3】第3の層のWをTiに変えた以外は実施例2と同様にして窒化物半導体素子を形成させた。実施例2と同様、優れた特性が得られた。

【0029】【実施例4】発光素子を形成させるために2インチφのサファイヤ基板上にGa<sub>0.5</sub>Nバッファ層、SiドーパN型Ga<sub>0.5</sub>Nコンタクト層、SiドーパN型GaAlNクラッド層、ノンドープのInGa<sub>0.5</sub>N活性層、MgドーパP型GaAlNクラッド層、MgドーパP型Ga<sub>0.5</sub>Nコンタクト層とが順次積層されたダブルヘテロ構造のウエハーを形成させた。なお、活性層は量子効果を持たすために単一井戸構造(SQW)である20オングストロームの厚みとしてある。

【0030】次に、図4の断面形状を有する半導体素子が形成できるようにウエハーのP型Ga<sub>0.5</sub>Nコンタクト層より深さ方向に一部エッチングして、N型Ga<sub>0.5</sub>Nコンタクト層を表面に露出させる。所望の形状のマスクをかけた後、P型Ga<sub>0.5</sub>Nコンタクト層の表面にP型電極としてNiを1000オングストロームと、Auを5000オングストロームの膜厚でそれぞれ蒸着形成する。P型電極形成後、マスクを除去し、ウエハーをアニーリング装置に入れ $\text{N}_2$ ガス雰囲気中で600℃、5分間アニーリングする。アニール後、所定の形状のマスクを形成し第1の層としてWを200オングストロームと、第2の層としてAlを2000オングストロームと、第3の層としてWを2000オングストローム及び最終層である第4の層としてPtを2000オングストロームの膜厚に順にターゲットを変え蒸着してN型電極を形成させる。N型電極形成後、マスクを除去しArガス雰囲気中で270℃、3分間アニールする。次にスクライバーによってこのウエハーをチップ状に分離し、2インチφのウエハーから1万5千個のチップを得た。電流電圧特性を測定した結果実施例1と同様良好なオーミック特性が得られていた。この様にして得られた窒化物半導体よりなる発光チップをダイボンディングしてリードフレーム上に積置した後、ワイヤーボンダーでP型及びN型の各電極にAuワイヤーを接続した後、エポキシ樹脂で全体をモールドしてLED素子とした。このLED素子は順方向電流 $I_f$ 20mAにおいて、順方向電圧 $V_f$ 3.5Vであり、さらにこのLED素子より100個を無造作に抽出し、常温12時間点灯と、60℃、80%RHの高温高湿槽12時間点灯との連続繰り返し試験を50回行った

ところ、N型電極のボールの剥がれによりLEDが不灯となったものはなかった。

【0031】

【発明の効果】以上説明したように、本願発明の窒化物半導体素子は、製造工程が簡略化できると共にN型窒化物半導体と良好なオーミック接触及び機械的強度を有する優れた窒化物半導体素子とすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本願発明の窒化物半導体素子の概略断面図である。

【図2】図1の窒化物半導体素子の暗電流電圧特性を示したグラフである。

【図3】本願発明の別の窒化物半導体素子の概略模式図である。

【図4】本願発明の他の窒化物半導体素子の概略断面図である。

【図5】N型窒化物半導体、N型電極及び電氣的接続部材の密着性を調べる試験方法を示す模式図。

【図6】本願発明と比較のために示した窒化物半導体素子の概略断面図である。

【図7】比較例1の窒化物半導体素子の暗電流電圧特性を示した図である。

【符号の説明】

101 第1の層  
102 第2の層  
103 N型窒化物半導体  
104 サファイヤ基板  
301 第1の層  
302 第2の層  
303 第3の層  
304 第4の層

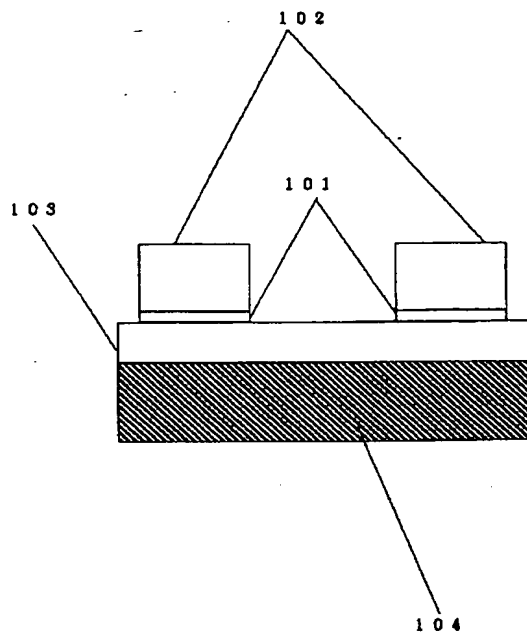
305 N型窒化物半導体  
306 サファイヤ基板  
401 N型電極  
402 N型コンタクト層  
403 ボール  
404 P型電極  
405 P型コンタクト層  
406 P型クラッド層  
407 活性層  
408 N型クラッド層  
409 サファイヤ基板  
410 電氣的接続部材  
501 刃物  
502 ボール  
503 第4の金属層  
504 第3の金属層  
505 第2の金属層  
506 第1の金属層  
507 N型窒化物半導体  
601 N型電極  
602 N型窒化物半導体  
603 ボール  
604 P型電極  
605 P型コンタクト層  
606 P型クラッド層  
607 活性層  
608 N型クラッド層  
609 基板  
610 電氣的接続部材

【表1】

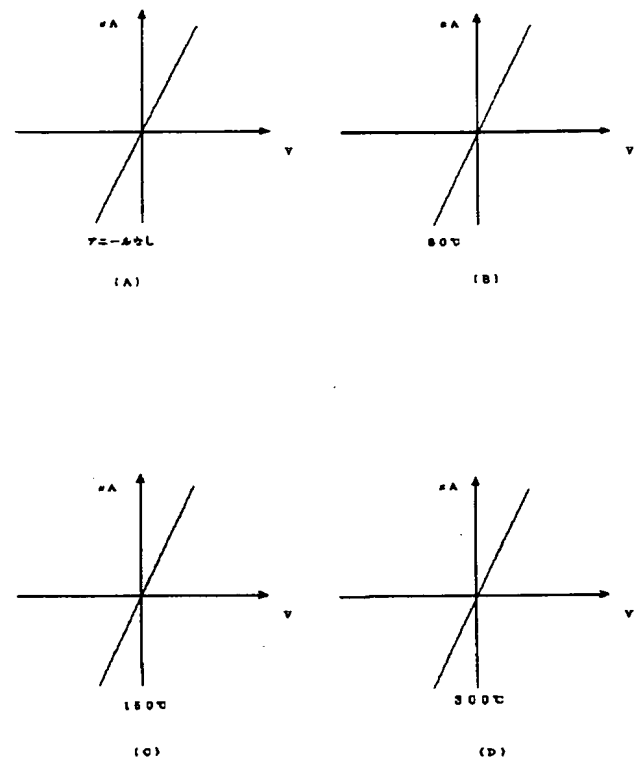
電極/荷重	20g	30g	40g	50g	60g	70g
Ti/Al (積層構造)	94	6	—	—	—	—
W/Al	0	0	2	5	35	つぶれ
W/Al-Si-Cu/W/Au	0	0	0	6	18	つぶれ
W-Al (合金構造)	0	0	1	7	15	つぶれ



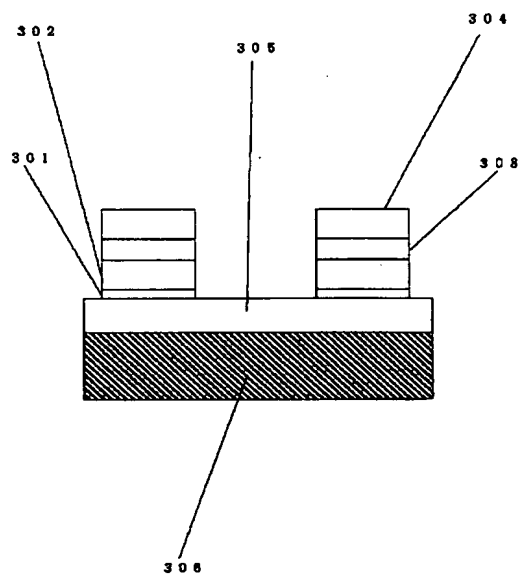
【図1】



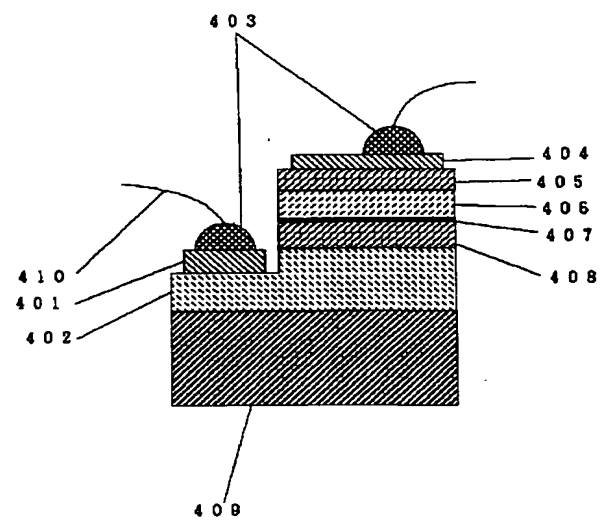
【図2】



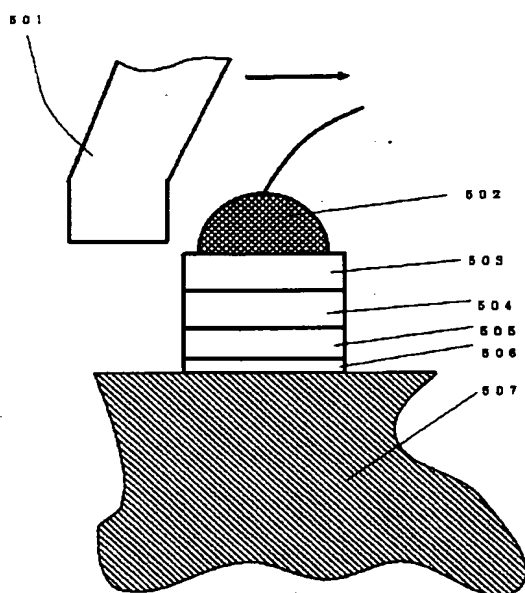
【図3】



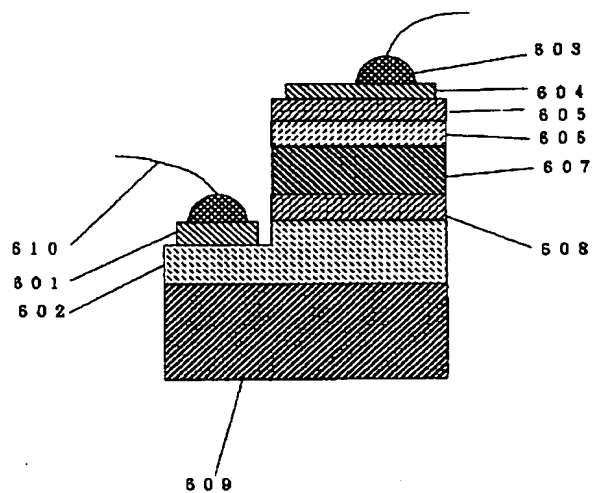
【図4】



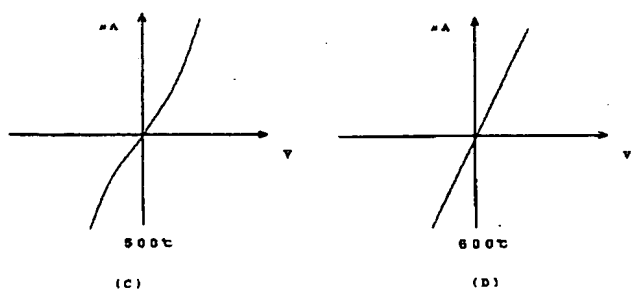
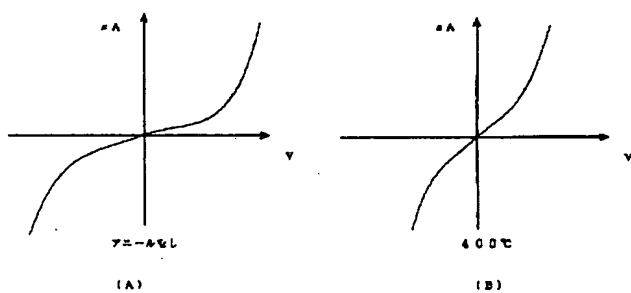
【図5】



【図6】



【図7】



## 【手続補正書】

【提出日】平成8年8月21日

## 【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0001

【補正方法】変更

【補正内容】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ディスプレイ、光通信、O. A機器及びF. A機器の光源等に利用される

紫外域光から赤色光が発光可能な発光ダイオード及びレーザーダイオードに用いることができる発光素子や、フォトダイオード、太陽電池などの受光素子などに使用される窒化物半導体（一般式  $\text{In}_x\text{Al}_y\text{Ga}_{1-x-y}\text{N}$ 、但し、 $0 \leq x$ 、 $0 \leq y$ 、 $x+y \leq 1$ ）に関するものであり、特にN型導電性を有する窒化物半導体と良好なオーミック接触をする電極を有する窒化物半導体素子及びその製造方法に関する。